

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **05-066127**

(43)Date of publication of application : **19.03.1993**

(51)Int.Cl.

G01B 21/30

G11B 9/00

(21)Application number : **03-255906**

(71)Applicant : **CANON INC**

(22)Date of filing : **09.09.1991**

(72)Inventor : **KAWASE TOSHIMITSU
SHINJO KATSUHIKO
TAKAMATSU OSAMU
HATANAKA KATSUNORI**

**(54) MICRO-CANTILEVER TYPE PROBE, ITS MANUFACTURE, AND SURFACE
OBSERVING DEVICE AND DATA PROCESSING DEVICE HAVING IT**

(57)Abstract:

PURPOSE: To solve internal stress, the camber of a cantilever, a detecting error of information by the blunting of a probe top end in a micro-cantilever type probe applied to a data processing device or surface observing device utilizing tunnel current or interatomic force.

CONSTITUTION: In a micro-cantilever type probe, a microprobe 1 for detecting a tunnel current flowing between the probe and a sample or a fine force acting between the probe and the sample, a cantilever 2 for supporting the microprobe, and a support body 3 for supporting the cantilever are integrally formed with a conductive monocrystalline material.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-66127

(43)公開日 平成 5 年(1993) 3 月19日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 21/30	Z	7617-2F		
G 1 1 B 9/00		9075-5D		

審査請求 未請求 請求項の数13(全 10 頁)

(21)出願番号 特願平3-255906

(22)出願日 平成 3 年(1991) 9 月 9 日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号

(72)発明者 川瀬 俊光

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 新庄 克彦

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 高松 修

東京都大田区下丸子 3 丁目30番 2 号 キヤ
ノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 豊田 善雄 (外 1 名)

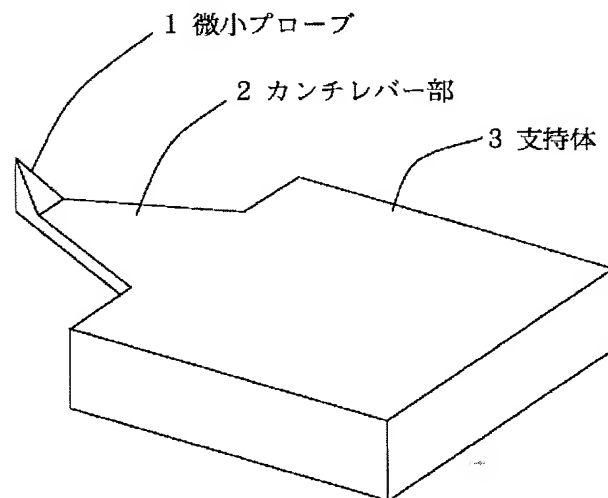
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 微小カンチレバー型プローブ及びその製造方法、それを備えた表面観察装置及び情報処理装置

(57)【要約】

【目的】 トンネル電流や原子間力を利用した情報処理装置、表面観察装置に適用される微小カンチレバー型プローブにおいて、従来工法に起因する内部応力、カンチレバーの反り、プローブ先端の鈍化等による情報の検出誤差等を解消することにある。

【構成】 プローブと試料の間に流れるトンネル電流ないしはプローブと試料の間に働く微小な力を検出する微小プローブ1と、該微小プローブを支持するカンチレバー2と、該カンチレバーを支持する支持体3が、導電性の単結晶材料で一体に形成されている微小カンチレバー型プローブ、を特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 プローブと試料の間に流れるトンネル電流ないしはプローブと試料の間に働く微小な力を検出する微小プローブと、該微小プローブを支持するカンチレバーと、該カンチレバーを支持する支持体が、導電性の単結晶材料で一体に形成されていることを特徴とする微小カンチレバー型プローブ。

【請求項2】 前記微小プローブが、3つの結晶面の集合点とする尖頭部を有し、かつ、この3つの結晶面のうち少なくとも1つの面がエッチング面であることを特徴とする請求項1記載の微小カンチレバー型プローブ。

【請求項3】 前記結晶面が、(211)(110)(100)面であることを特徴とする請求項2記載の微小カンチレバー型プローブ。

【請求項4】 前記結晶面が、(211)(110)(110)面であることを特徴とする請求項2記載の微小カンチレバー型プローブ。

【請求項5】 前記結晶面が、(211)(110)(010)面であることを特徴とする請求項2記載の微小カンチレバー型プローブ。

【請求項6】 前記結晶面が、(211)(110)(001)面であることを特徴とする請求項2記載の微小カンチレバー型プローブ。

【請求項7】 単結晶材料の(211)又は(110)面を主平面とし、該(211)又は(110)面上ないしは(211)又は(110)面内に前記3つの面でかこまれた尖頭部をもつ微小プローブが一体形成されていることを特徴とする請求項2記載の微小カンチレバー型プローブ。

【請求項8】 請求項1記載の微小カンチレバー型プローブの製造に際し、単結晶材料をカンチレバー、該カンチレバーの支持体及び微小プローブの形状に3次元機械加工を施した後、全表面をウェットエッチングすることにより仕上げることを特徴とする微小カンチレバー型プローブの製造方法。

【請求項9】 ウェットエッチングが、結晶方位のエッチング速度差を利用した異方性エッチングであることを特徴とする請求項8記載の微小カンチレバー型プローブの製造方法。

【請求項10】 前記単結晶材料として炭化物単結晶を用いることを特徴とする請求項8記載の微小カンチレバー型プローブの製造方法。

【請求項11】 前記3次元機械加工として、光レーザーを加工手段とすることを特徴とする請求項8記載の微小カンチレバー型プローブの製造方法。

【請求項12】 プローブと試料の間に流れるトンネル電流ないしはプローブと試料の間に働く微小な力を検出しながら3次元に相対移動させることにより試料表面を観察できる表面観察装置において、該プローブとして請求項1～7いずれか一つに記載の微小カンチレバー型プ

ローブを用いたことを特徴とする表面観察装置。

【請求項13】 記録層へ記録及び／又は消去用の電圧の印加ないしは、プローブと記録層との間に流れるトンネル電流ないしはプローブと記録層との間に働く原子間力の変動から記録層に記録された情報を読みとる情報処理装置において、該プローブとして請求項1～7いずれか一つに記載の微小カンチレバー型プローブを用いたことを特徴とする情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、走査型トンネル顕微鏡又は原子間力顕微鏡等の表面観察装置や、高密度記録再生装置等に使用され、電流、微小な力、等を検出する微小カンチレバー型プローブ及びその製造方法、それを用いた表面観察装置及び情報処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、実空間で導体表面を原子スケールの分解能で観察できる走査型トンネル顕微鏡(以後、STMと略す)が開発された[G. Binnig et al., Helvetica Physica Acta., 55, 726(1982)]。このSTMの面内分解能は、0.1nm程度である。最近、STMの実用化が進み国内外数社からのSTMの販売が開始され、幅広い分野で手軽に使用され始めた。

【0003】かかるSTMは、真空中のみならず大気中や液体中でも動作し、その応用分野は表面粗さ計測等に始まり、半導体・生体分子・化学反応・超微細加工など広範囲である。

【0004】また、STMが導体表面の観察に適しているのに対し、絶縁体表面の観察が可能な原子間力顕微鏡(以後、AFMと略す)が、近年STMファミリーの装置としてSTMと同様に注目を集めている(Binnig et al., Phys. Rev. Lett. 56(1986)930参照)。既に、AFM装置として販売も開始され始めている。

【0005】かかるAFMは、先端径の小さな探針を持つカンチレバー部と、このレバーの曲がり測定する変位測定部から構成される。この探針は、カンチレバーの自由端にカンチレバー本体とは別々に作製される場合や、カンチレバー自体を試料表面と傾けて設置することによりカンチレバーの自由端を探針として用いる場合等がある。

【0006】一般に、物質表面間には、比較的遠距離においては分散力による微弱な引力、近距離では斥力が働く。カンチレバーの曲がり、この作用する力に比例するので、この曲がり測定することによって探針先端とこれに数nm以内に近接する試料表面に働く微弱で局所的な力を検出することが可能となる。さらに、試料を走査することで試料表面の力の2次元的情報が得られる。さらに、カンチレバーの曲がり、これを一定にするようにフィ

ードバックをかけながら走査することにより、試料表面の微小な凹凸形状を観察できる。

【0007】STMは、試料表面の電子状態の観察に適しているのに対し、AFMは、試料表面の凹凸情報を観察するのに適している。特に近年では、STM及びAFMのそれぞれの特徴を生かしSTM、AFMを複合化し、同時に表面像を得ることにより観察情報をより多くし、分析に幅を持たせた観察を行う試みが活発になされている。この複合化には、トンネル電流及び原子間力を検出するプローブ付きカンチレバーの作製が検出分解能を決定する上で重要なポイントとなる。このカンチレバーの作製方法の具体的な例として、窒化Siカンチレバー上に支持されたSi探針の表面に金属を数10nmコーティングし作製している(R. C. Barrett et al., Appl. Phys. Lett. 57 (10), 3 September 1990)。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の技術では、以下に述べる欠点があった。

①カンチレバー上への金属コーティングにおいて、引っ張り応力や、不均一膜厚応力が起こり易く、その結果カンチレバーに反りが生じ、AFMでは検出の誤差原因となっていた。

②カンチレバー上のプローブへのコーティングにより、検出分解能を決定するプローブ先端曲率半径が大きくなり、STM、AFMの装置性能が低下してしまう場合があった。

【0009】すなわち、本発明の目的とするところは、上述のような問題点を解消し得る微小カンチレバー型プローブ、その製造方法、表面観察装置及び情報処理装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段及び作用】上記目的を達成するための本発明の構成は以下の通りである。

【0011】第1に、プローブと試料の間に流れるトンネル電流ないしはプローブと試料の間に働く微小な力を検出する微小プローブと、該微小プローブを支持するカンチレバーと、該カンチレバーを支持する支持体が、導電性の単結晶材料で一体に形成されている微小カンチレバー型プローブとしている点にある。

【0012】ここで、前記微小プローブとしては、3つの結晶面の集合点とする尖頭部を有し、かつ、この3つ結晶面のうち少なくとも1つの面をエッチング面とするものであれば好ましい。

【0013】また、前記結晶面として、(211)(110)(100)面、(211)(110)(110)面、(211)(110)(010)面、(211)(110)(001)面、のいずれかを用いることが好ましい。

【0014】また、単結晶材料は、(211)ないしは

(110)面を主平面とし、該(211)ないしは(110)面上ないしは(211)ないしは(110)面内に前記3つの面でかこまれた尖頭部をもつ微小プローブが一体形成されている構成とすることが好ましい。

【0015】第2に、微小カンチレバー型プローブの製造に際し、先ず、単結晶材料をカンチレバー、該カンチレバーの支持体及びプローブの形状に3次元機械加工を施した後、全表面をウェットエッチングすることにより仕上げることを特徴とする微小カンチレバー型プローブの製造方法としている点にある。

【0016】ここで、ウェットエッチングとしては、結晶方位のエッチング速度差を利用した異方性エッチングとすることが好ましく、また、機械加工として、光レーザーを加工手段とすることが好ましい。

【0017】第3に、プローブと試料の間に流れるトンネル電流ないしはプローブと試料の間に働く微小な力を検出しながら3次元に相対移動させることにより試料表面を観察できる表面観察装置において、該プローブとして前記第1に記載の微小カンチレバー型プローブを用いたことを特徴とする表面観察装置としている点にある。

【0018】第4に、記録層へ記録及び／又は消去用の電圧の印加ないしは、プローブと記録層との間に流れるトンネル電流ないしはプローブと記録層との間に働く原子間力の変動から記録層に記録された情報を読み取る情報処理装置において、該プローブとして前記第1に記載の微小カンチレバー型プローブを用いたことを特徴とする情報処理装置としている点にある。

【0019】尚、本発明に係る単結晶体としては、炭化物単結晶体を好適に用いることができる。具体的には、例えばTiC、WC、SiC等を用いることができる。

【0020】さらに、本発明の微小カンチレバー型プローブの形状に3次元加工する際の具体的方法としては、ワイヤーカット放電、CO₂ガスレーザー、YAGレーザー、エキシマレーザー等の加工機を用いて作製することができる。

【0021】すなわち、本発明の微小カンチレバー型プローブの構成によれば、微小プローブの尖頭部が3つの結晶面で囲まれた集合点であり、かつ少なくとも1つの面はエッチング面であることから、先端の鋭利さの再現性が確保されている。また、本発明における微小カンチレバー型プローブの材料は導電性を有し、かつ、AFMで使用されるカンチレバー形状であり、作製した微小カンチレバー型プローブでSTM、AFMの同時観察が可能である。

【0022】また、本発明における微小カンチレバー型プローブを用いる情報処理装置としては、上記STM、AFMの原理を応用して、記録媒体の記録層に記録された情報を読み取ったり、情報の記録や消去を行う装置を挙げることができる。

【0023】

【実施例】以下、実施例にて本発明を具体的に説明する。

【0024】（実施例1）図1は本発明に係る微小カンチレバー型プローブの概略図である。1はトンネル電流或は微小な力等を検出する鋭利な尖頭部を有する微小プローブであり、3つの結晶面で囲まれた集合点が前記検出部分にあたる。2は検出した微小な力を機械的変位に変換するないしは微小プローブ1を支持するカンチレバー部である。3は微小プローブ1及びカンチレバー部2を支持する支持体である。上記微小プローブ1、カンチレバー部2、支持体3は、一体で形成されている。また、微小カンチレバー型プローブの材料としては、好適に高融点、高硬度の機械的特性を持つTiC、WC、SiC等の炭化物単結晶系の材料が挙げられる。しかし、前記材料に限定されるものではなく、高い導電性を有しかつ単結晶体であり異方性エッチングが可能であれば基本的には適用可能である。

【0025】以下に、図1に示す微小カンチレバー型プローブの製造方法を具体的に説明する。

【0026】図2（a）は、結晶方位（110）面を主平面とする $6 \times 7 \times 3 \text{ mm}^3$ の直方体のTiC単結晶材料21を示す。この材料は、フローティングゾーン法により作製されたバルクのTiC単結晶材料からワイヤーカット放電加工機を用いて切り出したものである。

【0027】図4は、TiC単結晶材料の超精密機械加工を行うレーザー加工機である。レーザーには、YAGレーザーを使用した。31は真空チャンバー、32は排気口、33は冷却水、34はガス吸入管、35はガス流量調整バルブ、36は導電性単結晶材料21を2次元に精密移動させるためのXYステージ、37は真空チャンバー31の外に設置されたYAGレーザー、38はYAGレーザー37から出力されたレーザーを真空チャンバーの中へ導入するための窓、39はレーザーを90度曲げるための屈折板、40はレーザーを集光するためのレンズ、41はレーザーを出力するためのノズルである。上記レーザー加工機の性能を以下に示す。真空チャンバー内の圧力は、 $2 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ である。また、真空チャンバー31内へは、ガス吸入管34よりArガスが10SCCM導入されている。YAGレーザー37は、平均出力最大12Wの連続発振と尖頭値出力で最大23kWのパルス発振が可能である。

【0028】図2（b）～（d）及び図3（a）～（c）は、机上検討にてあらかじめ決定した微小カンチレバー型プローブの形状及び大きさのものと、同じ比率で大きくした形状を示すもので、図3のYAGレーザー加工機で2次元ないしは3次元機械加工する工程の説明図である。加工時の各条件値を以下に列挙する。

【0029】レーザー平均出力 : 9W

レーザー繰り返し周波数 : 1kHz

繰り返し回数 : 20回

XYステージ速度 : 2mm/秒

レーザー照射焦点 : 導電性単結晶材料21の表面

図2（b）は、図1に示すカンチレバー部2の形状の1.5倍の大きさを、図2（a）の材料から前記カンチレバー部2の形状に2次的に加工した後の概略図である。主平面内カンチレバー部の一辺が $750 \mu\text{m}$ でカンチレバー部先端の角度が90度になるように加工した。

【0030】図2（c）は、図2（b）の試料を図4のYAGレーザー加工機内のXYステージ36上での固定角度を変えて再度固定し、主平面及び裏面に対し水平にレーザーを照射し、図1に示すカンチレバー形状（微小プローブは除く）の1.5倍の大きさに加工した。微小カンチレバー部22の3面中の一面は、（100）面となるように2次元加工した。（100）面は、（110）面に比べエッチング速度が速いのでそれを考慮して、微小プローブ部分の寸法を大きく設定し加工した。図2（d）は図2（c）の側面図である。

【0031】この後、加工した図2（c）の試料をYAGレーザー加工機内から取り出しエッチングする工程に入る。レーザー加工した時に生じる $50 \mu\text{m}$ 程度の試料表面の加工変質層があるため、エッチング速度が不均一であり、この部分を最初エッチングしてから再度エッチング時間の設定を行い、最終的なエッチングを行う工程をとった。エッチング液には、フッ硝酸溶液（組成比、 $\text{HF} : \text{HNO}_3 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 1 : 1$ ）を用いた。

【0032】以下にウエットエッチングのプロセスを示す。栓のついたポリエチレン製のビンを用意し、その中でフッ硝酸溶液を調合した。この溶液の中へ、ゆっくりと図2（c）の機械加工後の試料を入れた。この後、ポリエチレン製のビンを封止し、6日間放置した。溶液中放置エッチングにおけるTiC単結晶体のフッ硝酸溶液の系でのエッチングレートは、（110）面で $1 \mu\text{m}/\text{時間}$ であった。6日間放置後取り出し、純粋で十分洗浄し図3（a）に示す微小カンチレバー型プローブの形状が完成した。図3（b）は図3（a）の側面図、図3（c）は図3（a）の平面図である。

【0033】完成した微小カンチレバー型プローブの大きさを以下に示す。カンチレバー部の大きさは、一辺が $500 \mu\text{m}$ で厚さが $1 \mu\text{m}$ 、微小プローブの高さは、 $30 \mu\text{m}$ であり、先端部は（211）（110）（100）面の3面で囲まれている。前記3面で囲まれた集合点の先端曲率半径は、 20 nm 程度であった（走査化型電子顕微鏡の観察結果による）。

【0034】このように、導電性の鋭利な先端を有する微小プローブを備え、かつ再現性のあるカンチレバーを一体形成することができた。

【0035】（実施例2）図5において、本発明の微小カンチレバー型プローブを表面観察装置に搭載した実施例を示す。

【0036】図5において、200はHOPG（高配向

グラフィット)上に液晶(10CB)分子を蒸着した観察試料、201は導電性TiC単結晶材料を3次元機械加工と全表面ウエットエッチング処理により作製した微小カンチレバー型プローブであり、202は観察試料200を3次元に走査する微動用圧電素子、203はバイアス電源、204は微小カンチレバー型プローブ201を観察試料200へ粗接近させる粗動機構、205はHeNeレーザー等の光源、206は光源205を集光させるレンズ、207は微小カンチレバー型プローブのたわみ量を検出する2分割フォトダイオード、208は2分割フォトダイオード207から得られる信号を処理するZ方向フィードバック信号回路、209は切り替えスイッチ、210は微小信号を増幅する増幅器、211は粗動機構204を制御する粗動制御回路、212は送られてくる電気信号をデジタル処理するコンピュータ、213は画像として表示する表示装置、214は微動素子202を3次元に走査する3次元走査回路、216は電圧電圧変換器、217は対数変換器、218は比較器、219は積分器である。この構成による装置では、トンネル電流を検出し画像を得るSTMと微小な力を検出し

画像を得るAFMの複合装置である。

【0037】次に、上述の構成からなる本実施例の表面観察装置を大気中にて作動させる。まず、STMの作動例を説明する。微小カンチレバー型プローブ201を観察試料200との間に流れるトンネル電流の値が、数nmの一定状態になるように制御するために、バイアス電源203が200mVの電圧値に設定された状態で電流電圧変換器216、対数変換器217、比較器218、積分器219、増幅器210を通じた電気フィードバック信号を微動用圧電素子202に与える。切り替えスイッチ209はSTM側(紙面下側)にセットされている。微動圧電素子202の変位量は、1kV/1 μ mである。

【0038】この後、電気フィードバックをかけながら微動圧電素子202を3次元走査回路214にて、微小カンチレバー型プローブ201と観察試料200との間に流れるトンネル電流が一定となるように走査させ、試料表面の分子像を表示装置213に出力した。この像は電流像であるが、画像の分析情報をより多く求めるために、同じ装置を用いてAFM作動させ試料の凹凸情報を

【0039】ここで、微小カンチレバー型プローブ201と観察試料200との間に働く原子間力によってカンチレバーにたわみが生じるが、このたわみ量を一定にす

るように(原子間力が一定になるように)Zフィードバック信号208からのフィードバック信号を増幅器210を通して微動圧電素子202に加え微小カンチレバー型プローブ201と観察試料200との間隔を制御する。カンチレバーのたわみは、光源205から出力された光をレンズ206によって集光し、カンチレバーにあたって反射された光を2分割フォトダイオード207により検出される。画像として出力するために3次元走査回路214を用い試料表面を微動圧電素子202にて、

原子間力一定のフィードバックをかけながら走査し、得られる凹凸情報を表示装置に出力する。

【0040】このように、同じ装置でSTM像とAFM像の両画像を高分解能で与えることができた。本実施例では、STM、AFMを別々に動作させたが同時動作も容易に可能である。

【0041】(実施例3)次に、第3の実施例を図6、図7を用いて説明する。本実施例は、情報処理を行うプローブ電極に本微小カンチレバー型プローブを適用したものである。

【0042】図6は、本発明の情報処理装置を示すブロック構成図である。図6中、105はプローブ電流増巾器で、106は圧電素子を用いた微動機構107をプローブ電流が一定になるように、制御するサーボ回路である。108はプローブ電極102と電極103の間に記録/消去用のパルス電圧を印加するための電源である。

【0043】パルス電圧を印加するときプローブ電流が急激に変化するため、サーボ回路106は、その間HOLD回路をONにしてサーボ回路106の出力電圧が一定になるように制御している。

【0044】109はXY方向にプローブ電極102を移動制御するためのXY走査駆動回路である。110と111は、あらかじめ10⁻⁹A程度のプローブ電流が得られるようにプローブ電極102と記録媒体100との距離を粗動制御するものである。これらの各機器は、すべてマイクロコンピュータ112により中央制御されている。また113は表示機器を表している。

【0045】また、圧電素子を用いた移動制御における機械的性能を下記に示す。

【0046】Z方向微動制御範囲：0.1nm~1 μ m
Z方向粗動制御範囲：10nm~10mm
XY方向走査範囲：0.1nm~1 μ m
計測、制御許容誤差：<0.1nm

以下、本発明を実施例に従って説明する。図6に示す情報処理装置を用いた。プローブ電極102として3次元機械加工とウェットプロセスにより作製した単結晶TiC微小カンチレバー型プローブを用いた。このプローブ電極102と記録層101の表面の間を流れるプローブ電流を一定に保つように、圧電素子を用いてプローブ電極102と記録層101の表面との距離(Z)を微動制御する。更に微動制御機構107は距離Zを一定に保つ

たまま、面内（X、Y）方向にも微動制御できるように設計されている。しかし、これらはすべて従来公知の技術である。またプローブ電極102は直接記録・再生・消去を行うために用いることができる。また、記録媒体は高精度のXYステージ114の上に置かれ、任意の位置に移動させることができる。

【0047】次に、Auで形成した電極103の上に形成されたスクアリリウムビス-6-オクチルアズレン（以下SOAZと略す）のLB膜（8層）を用いた記録・再生・消去の実験についてその詳細を記す。

【0048】SOAZ 8層を累積した記録層101をもつ記録媒体100をXYステージ114の上に置き、まず目視によりプローブ電極102の位置を決め、しっかりと固定した。Au電極103に対して、プローブ電極102に-1.0Vの電圧を印加し、電流をモニターしながらプローブ電極102と記録層101表面との距離（Z）を調整した。その後、微動制御機構107を制御してプローブ電極102と記録層101表面までの距離を変えていくと、図7に示すような電流特性が得られた。

【0049】なお、プローブ電流および、プローブ電圧を変化させることでプローブ電極102と記録層101表面との距離Zを調整することができるが、距離Zを適当な値で一定に保持するためには、プローブ電流 I_p が $10^{-7} \text{ A} \geq I_p \geq 10^{-12} \text{ A}$ 、好適には $10^{-8} \text{ A} \geq I_p \geq 10^{-10} \text{ A}$ になるようにプローブ電圧を調整する必要がある。

【0050】まず、図7のa領域の電流値に制御電流を設定した（ 10^{-7} A ）。この条件下ではプローブ電極102は記録層10の表面に接触している。サーボ回路106の出力電圧を一定に保持し、以下の実験を行なった。プローブ電極102とAu電極103との間に電気メモリー効果を生じる閾値電圧を越えていない電圧である0.5V読み取り用電圧を印加して電流値を測定したところ、 μA 以下でOFF状態を示した。次にON状態を生じる閾値電圧 $V_{th ON}$ 以上の電圧である波形をもつ三角波パルス電圧を印加したのち、再び0.5Vの電圧を電極間に印加して電流を測定したところ、0.3mA程度の電流が流れON状態となっていたことを示した。

【0051】次にON状態からOFF状態へ変化する閾値電圧 $V_{th OFF}$ 以上の電圧である三角波パルス電圧を印加したのち、再び0.5Vを印加したところ、この時の電流値は μA 以下でOFF状態に戻ることが確認された。次にプローブ電圧を0.5Vとし、プローブ電流 I_p を 10^{-9} A （図6のb領域に相当する。）に設定して、プローブ電極102と記録層101表面との距離Zを制御した。

【0052】XYステージ114を一定の間隔（1 μ ）で移動させながら、前記と同様な波形を有する閾値電圧

$V_{th ON}$ 以上のパルス電圧（ $V_{max} = -1.5 \text{ V}$ ）を印加して、ON状態を書き込んだ。なお、パルス電圧を印加する際は、サーボ回路の出力電圧を一定にしている。

【0053】書き込まれた情報は、書き込みの際と同じ条件でプローブ電極102と記録層101の表面の距離を制御したのち、サーボ回路106の出力を一定に保持したままで、XYステージ114を駆動し、ON状態領域とOFF状態領域とのプローブ電流の変化で直接読み取るか、又は、サーボ回路106を動作させたまま（HOLD回路OFF）XYステージ114を駆動し、ON状態領域とOFF状態領域とでのサーボ回路106の出力電圧の変化で読み取ることができる。本例では、ON状態領域でのプローブ電流が記録前（又はOFF状態領域）と比較して3桁以上変化していたことを確認した。

【0054】更に書き込みの際と同じ条件でプローブ電極102と記録層101の表面との距離を制御したのちサーボ回路106の出力を一定に保持し、プローブ電圧を $V_{th OFF}$ 以上の8Vに設定して、再びXYステージ114を駆動して、記録位置をトレースした結果、全ての記録状態が消去され、OFF状態に遷移したことも確認した。

【0055】XYステージ114を駆動するかわりにXY駆動回路109を動作させ、微動制御機構107を駆動して、0.01 μ 間隔に、前述と同じ条件で記録・再生・消去の実験を行っても、同様な結果が得られた。すなわち、書き込み後の記録層101の表面との距離を一定に保持したのち、サーボ回路106の出力を一定にし、その後微動制御機構107を駆動して、記録位置をトレースしたところ、0.01 μ 周期で3桁以上のプローブ電流の変化を確認した。また、同じ条件でプローブ電圧を8Vに設定し、記録位置をトレースした結果、0.01 μ 周期の記録状態は全て消去されることも確認した。上述の記録・再生・消去実験を繰り返して行っても安定した実験が可能であった。

【0056】次に微動制御機構107を用いて、0.001 μ から0.1 μ の間の種々のピッチで長さ1 μ のストライプを上記の方法で書き込み、分解能を測定したところ、0.01 μ 以上のピッチでは常に3桁以上のプローブ電流の変化が書き込みピッチと同じピッチで確認された。0.01 μ 未満のピッチではプローブ電流の変化が次第に小さくなり、0.001 μ ピッチではプローブ電流の変化の観測は困難であった。

【0057】以上の実験に用いたSOAZ-LB膜は下記のごとく作成した。

【0058】光学研磨したガラス基板（基板104）を中性洗剤およびトリクレンを用いて洗浄した後下引き層としてCrを真空蒸着法により厚さ50 \AA 堆積させ、更にAuを同法により400 \AA 蒸着した下地電極（Au電極103）を形成した。

【0059】次にSOAZを濃度0.2mg/mlで溶かしたクロロホルム溶液を20℃の水相上に展開し、水面上に単分子膜を形成した。溶媒の蒸発を待ち係る単分子膜の表面圧を20mN/mまで高め、更にこれを一定に保ちながら前記電極基板を水面を横切るように速度5mm/分で静かに浸漬し、さらに引上げ2層のY形単分子膜の累積を行った。

【0060】以上説明したように、情報処理を行うプローブ電極にTiC単結晶微小カンチレバー型プローブを適用した結果、繰り返しパルス掃引を行っても安定して記録・再生・消去ができた。

【0061】また、本発明では記載しなかったが、再生部分をトンネル電流ではなく、原子間力を検出し再生してもよい。

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、導電性単結晶材料で一体形成された微小カンチレバー型プローブをプローブ先端の鋭利さ、反りのないカンチレバーの両面において、再現性よく作製することができた。

【0063】また、表面観察装置や記録再生装置に該微小カンチレバー型プローブを適用した結果、導電性、非導電性にかかわらず安定で高分解能の表面観察や、記録・再生・消去を行うことが可能であり、装置の性能を向上させることができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る微小カンチレバー型プローブの斜視構成図である。

【図2】本発明に係る微小カンチレバー型プローブの製造工程を示す図である。

【図3】本発明に係る微小カンチレバー型プローブの製造工程を示す図である。

【図4】超精密機械加工を行うレーザー加工機の概略構成図である。

【図5】本発明に係る表面観察装置のブロック構成図である。

【図6】本発明に係る情報処理装置のブロック構成図である。

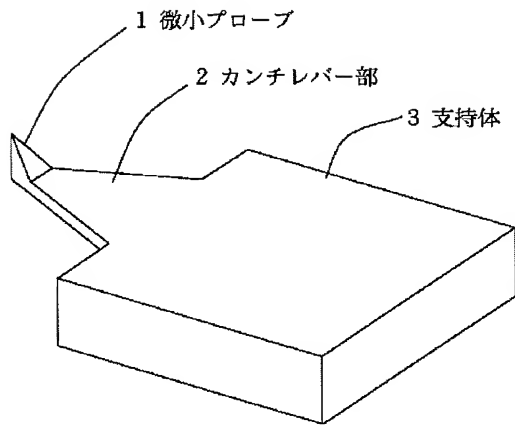
【図7】プローブ電極と記録層間の距離に対する電流特性を示す図である。

【符号の説明】

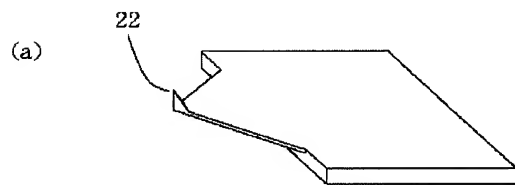
- 1 微小プローブ
- 2 カンチレバー部
- 3 支持体
- 21 単結晶材料
- 31 真空チャンバー

- 32 排気口
- 33 冷却水
- 34 ガス吸入管
- 35 ガス流量調整バルブ
- 36 XYステージ
- 37 YAGレーザー
- 38 レーザー導入窓
- 39 屈折板
- 40 レンズ
- 41 ノズル
- 100 記録媒体
- 101 記録層
- 102 プローブ電極
- 103 基板電極
- 104 基板
- 105 プローブ電流増巾器
- 106 サーボ回路
- 107 微動制御機構
- 108 パルス電源
- 109 XY走査駆動回路
- 110 粗動機構
- 111 粗動駆動回路
- 112 マイクロコンピュータ
- 113 表示装置
- 114 XYステージ
- 200 観察試料
- 201 微小カンチレバー型プローブ
- 202 微動用圧電素子
- 203 バイアス電源
- 204 粗動機構
- 205 光源
- 206 集光レンズ
- 207 2分割フォトダイオード
- 208 Z方向フィードバック信号回路
- 209 切り替えスイッチ
- 210 増幅器
- 211 粗動制御回路
- 212 コンピュータ
- 213 表示装置
- 214 3次元走査回路
- 216 電流電圧変換器
- 217 対数変換器
- 218 比較器
- 219 積分器

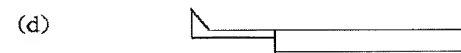
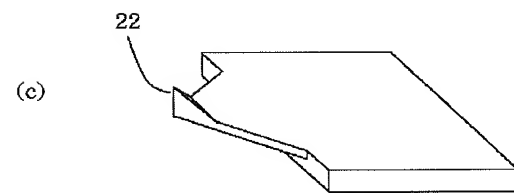
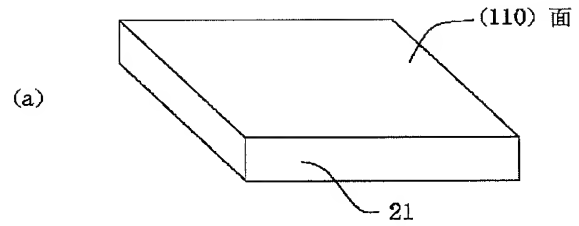
【図1】



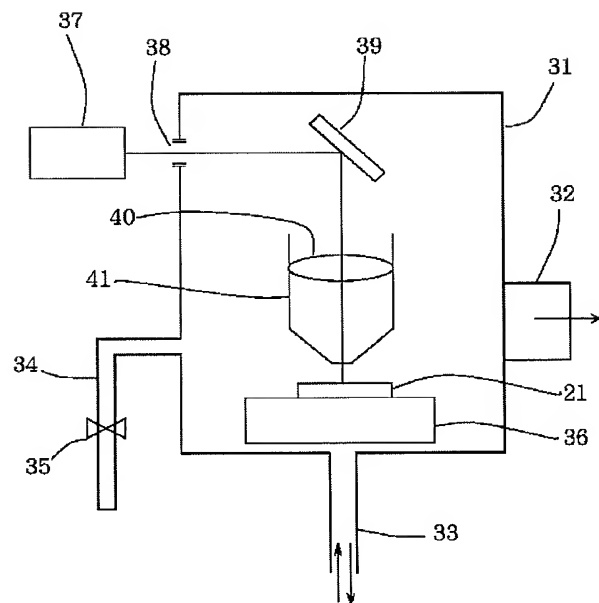
【図3】



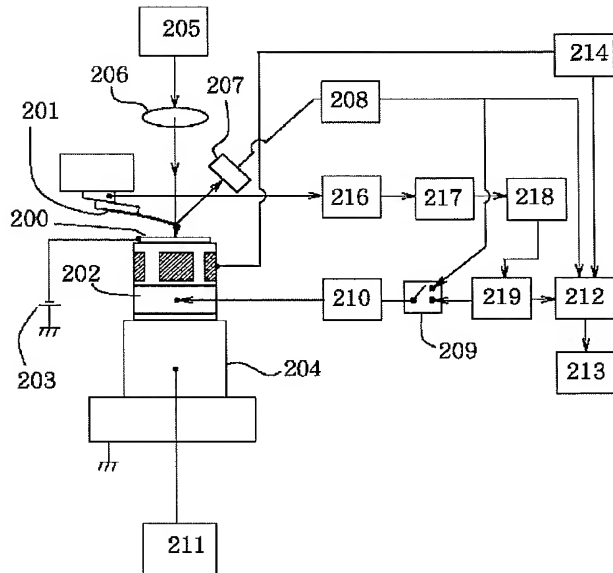
【図2】



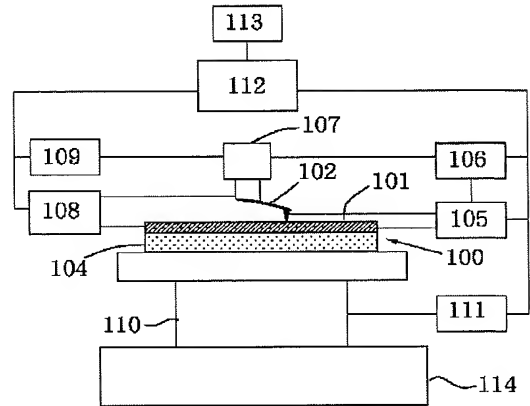
【図4】



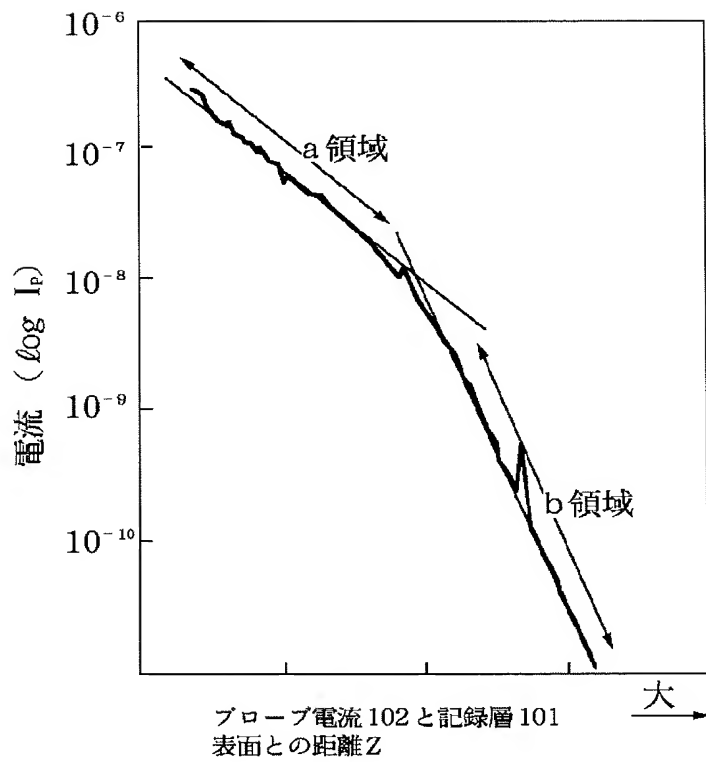
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 畑中 勝則
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内